

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 665 971**

51 Int. Cl.:

C04B 2/06

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.07.2013 PCT/EP2013/064759**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.01.2014 WO14009508**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.07.2013 E 13735320 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.01.2018 EP 2872458**

54 Título: **Compuesto mixto cálcico y magnésico y su procedimiento de fabricación**

30 Prioridad:

**12.07.2012 BE 201200485
05.09.2012 US 201261696948 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

30.04.2018

73 Titular/es:

**S.A. LHOIST RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT
(100.0%)
Rue Charles Dubois 28
1342 Ottignies-Louvain-la-Neuve, BE**

72 Inventor/es:

**LORGUILLOUX, MARION y
LAUDET, ALAIN**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 665 971 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Compuesto mixto cálcico y magnésico y su procedimiento de fabricación

La presente invención se refiere a un compuesto mixto cálcico y magnésico y a su procedimiento de fabricación.

5 Se describen compuestos mixtos cálcicos y magnésicos en los documentos US5422092 y EP0623555, que describen materiales compuestos de fórmula $Ca_{(1-x)}M^{2+}x(OH)_2$ en la que M puede representar magnesio entre la lista de los metales citados. Estos materiales compuestos se obtienen en forma de solución sólida de hidróxido metálico, por ejemplo, hidróxidos de calcio, en los que, en la estructura cristalina, el Mg u otro metal sustituye a un átomo de calcio. A la inversa, se puede obtener también una solución de hidróxido de magnesio en la que se sustituyen átomos de magnesio en la estructura cristalina por átomos de calcio.

10 Para obtener dichos materiales compuestos, el metal, por ejemplo, el magnesio se añade a una suspensión de hidróxido de calcio, por ejemplo, una suspensión de cal apagada, en forma de cloruro magnésico en un autoclave a 120°C durante 2 horas.

15 La cal apagada está constituida por un conjunto de partículas sólidas, principalmente de dihidróxido de calcio de fórmula $Ca(OH)_2$, y es el resultado industrial del apagado de una cal viva con agua, reacción llamada también de hidratación. Este producto se conoce también con el nombre de cal hidratada. En lo sucesivo, el dihidróxido de calcio se llamará simplemente hidróxido de calcio.

20 En función de la cantidad del exceso de agua aplicado, existen varias posibilidades de obtener industrialmente una cal apagada partiendo de cal viva (véase, en concreto, BOYNTON, R.S., "Chemistry and technology of lime and limestone", second ed., New-York: Wiley, 1980, xii, pág. 327-328). El modo de apagado determina también la forma en la que se presenta la cal apagada: hidrato seco, pasta, suspensión/lechada de cal.

25 En un modo de apagado "por vía seca", la cantidad de agua añadida está limitada a la que es necesaria en la reacción de apagado, añadiendo la pérdida en vapor de agua debido al carácter exotérmica de la reacción. A la salida del hidratador, el producto obtenido es pulverulento y comprende en general a la vez menos de 2% de CaO no hidratado residual y menos de 2% de humedad, con un máximo de 4% de humedad. Se puede acondicionar y vender directamente, después de etapas opcionales de controles granulométricos, pero sin ninguna etapa previa de secado y desaglomerado.

30 En una variante del modo de apagado anterior, la hidratación se puede llevar a cabo con un exceso de agua mayor, según el documento WO 97/14650. En este caso, el hidrato obtenido contiene una humedad del orden de 15 a 30% en masa. Debido a esta humedad, la cal hidratada necesita una etapa de secado y de desaglomerado antes de almacenamiento y transporte. El inconveniente de añadir una etapa de secado/desaglomerado en la línea de producción, es compensado por el hecho de que el exceso de agua usado durante la reacción permite desarrollar la superficie específica y el volumen de poros del hidrato que después, gracias a sus características, se puede usar en aplicaciones específicas, en concreto para el tratamiento de gases ácidos. Este modo de apagado según el documento WO 97/14650, se llamará modo de apagado por "vía semi-seca".

35 En el modo de apagado por vía húmeda, la cantidad de agua añadida es un exceso muy grande en relación con la cantidad estrictamente necesaria para la reacción de apagado. Se obtiene entonces una "lechada de cal", es decir, una suspensión acuosa de partículas de cal apagada.

Cuando la cantidad de agua usada para la reacción de apagado es un poco más pequeña, el producto obtenido es pastoso y se habla entonces de apagado "por vía pasta" (*Lime putty*, en inglés).

40 En el presente documento, se llamará modo de apagado "por vía no húmeda" a los modos de apagado que reúnen los modos de apagado por vía seca, por vía semi-seca y cualquier intermedio entre las dos (hidrato obtenido con una humedad comprendida entre 2 y 15%), excluyendo los modos de apagado por vía húmeda y por vía pasta.

45 Se entiende por cal viva, una materia sólida mineral cuya composición química es principalmente óxido de calcio, CaO. La cal viva se obtiene habitualmente por calcinación de caliza, constituida principalmente por $CaCO_3$. La cal viva contiene impurezas, en concreto compuestos tales como óxido de magnesio, MgO, sílice, SiO_2 , o también alúmina, Al_2O_3 , etc., hasta en un pequeño porcentaje. Se entiende que estas impurezas se expresan en las formas de precipitados, pero en realidad pueden aparecer en fases diferentes. También contiene en general pequeños porcentajes de $CaCO_3$ residual, llamados no cocidos.

50 Además de los depósitos de caliza (carbonato de calcio de fórmula $CaCO_3$), existen depósitos de dolomía (carbonato mixto de calcio y magnesio de fórmula $CaCO_3.MgCO_3$) o de cualquier otro carbonato mixto de calcio y magnesio. Al igual que las calizas, las dolomías u otro carbonato mixto precipitado, se pueden calcinar produciendo así la dolomía viva de fórmula $CaO.MgO$ o cualquier otro óxido mixto de calcio y magnesio. De la misma forma que para las cales vivas, una reacción de hidratación se va a iniciar cuando una dolomía viva u otro óxido mixto precipitado se pone en contacto con agua. Sin embargo, se sabe que la reactividad del óxido de magnesio es mucho

menor que la de la cal viva, muy hidrófila, y resulta que la hidratación de estos compuestos vivos es mucho más compleja que la hidratación de una cal viva.

Por esta razón, en la gran mayoría de los casos, la dolomía hidratada u otro hidróxido mixto de calcio y magnesio producido industrialmente por vía seca es en realidad una dolomía semihidratada u otro hidróxido mixto precipitado, que contiene una cantidad no despreciable de MgO residual no hidratado. La dolomía semihidratada antes mencionada en general se representa mediante las fórmulas $\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot \text{MgO}$ o $\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot \text{MgO}$, según la proporción de hidratación del óxido de magnesio. Los otros hidróxidos mixtos precipitados tienen fórmulas del mismo tipo, pero diferentes relaciones molares de calcio/magnesio.

Para compensar esta reactividad pequeña de la dolomía viva u otro compuesto vivo precipitado frente al agua, con el fin de obtener productos totalmente hidratados (de fórmula general $a\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot b\text{Mg}(\text{OH})_2$), se conoce el uso de una cantidad de agua claramente mayor que la cantidad de agua usada para un apagado por vía seca y/o de temperaturas más elevadas que aquellas en las que tienen lugar las reacciones de hidratación estándar para la cal viva, de una trituración de la dolomía viva o de otro compuesto vivo precipitado previamente a su hidratación, incluso de una hidratación hidrotérmica, es decir una hidratación bajo presión a alta temperatura (con vapor de agua, 7-13 bar, 115-165°C) (Boynton, pág. 325-326). Un producto dolomítico de este tipo, totalmente hidratado se conoce con el nombre de tipo S, término en oposición a tipo N que representa los hidratos dolomíticos normales, es decir, parcialmente hidratados (OATES, J.A.H., Lime and limestone, Weinheim: Wiley-VCH, 1998, pág. 222-223).

En todos los casos, estos procedimientos de apagado son complejos y costosos, con el riesgo de que una parte del MgO no sea bien hidratado.

Se trate de dolomías totalmente hidratadas o semihidratadas o de otro óxido mixto precipitado, la relación de Ca/Mg en el producto se mantiene y corresponde a la relación molar de Ca/Mg de la dolomía bruta de partida u otro carbonato mixto precipitado.

El documento EP 0558522 a nombre del solicitante prevé la producción de un hidróxido de calcio y de magnesio a partir de dolomía cuya relación de Ca/Mg es por consiguiente fija y cercana a 1, que para ser totalmente hidratada primero se tritura finalmente y después se hidrata con exceso de agua (relación másica entre el agua, por una parte, y el CaO y/o MgO, por otra parte, de 2,5) a alta temperatura (>80°C).

El compuesto mixto partiendo de la dolomía presenta una superficie específica superior a 35 m²/g y un contenido de humedad inferior a 50% en peso. Este producto se obtiene en presencia de un aditivo elegido entre etilenglicol, dietilenglicol, trietilenglicol, monoetanolamina, dietanolamina, trietanolamina y sus mezclas. Por el contrario, este documento no dice nada sobre el volumen de poros obtenido.

El documento US 3.869.299 describe un método que permite la producción de una dolomía totalmente hidratada a presión atmosférica. Este procedimiento recurre a un gran exceso de agua (hidratación por vía húmeda que da lugar a la obtención de una lechada de dolomía) caliente (50-100°C, preferiblemente 90-100°C) y al uso de un aditivo basado en boro. La duración de la hidratación puede alcanzar hasta 10 horas. La relación de Ca/Mg se mantiene y es sistemáticamente cercana a la equimolaridad, puesto que se trata de dolomías naturales.

La adición de un compuesto basado en boro durante la hidratación permite desarrollar la porosidad y la superficie específica del hidróxido de magnesio solo, en comparación con una hidratación similar sin adición del compuesto basado en boro.

Para diversas aplicaciones, existe una necesidad a escala industrial de hidratos mixtos de calcio y magnesio que estén totalmente hidratados, cuya composición (proporción de calcio y de magnesio) sea controlada y variable y en los que los compuestos cálcicos y magnésicos estén íntimamente combinados. Estos hidratos son hidróxidos mixtos de calcio y magnesio, asociados a impurezas del tipo CaO, CaCO₃, Al₂O₃, SiO₂, Fe₂O₃...

Más en particular, la presente invención se refiere a un procedimiento de fabricación de un compuesto mixto de calcio y magnesio, que comprende un apagado de cal viva por un medio acuoso, con formación de partículas sólidas.

Dicho procedimiento se conoce del documento SU1065341 que describe del mismo la preparación de suspensiones de cal hidratada por hidratación de una cal viva con agua en presencia de aguas residuales descloruradas y de Mg(OH)₂. El Mg(OH)₂ sirve para disminuir i) las pérdidas de CaO activo limitando el desprendimiento de calor al inicio de la reacción de hidratación y favoreciendo la hidratación completa de las partículas de CaO, incluso las menos reactivas, ii) la viscosidad de la suspensión, y iii) la concentración de impurezas en la suspensión obtenida. El Mg(OH)₂ se añade al agua de hidratación antes de la hidratación de la cal viva, en una cantidad de 3 a 9% de la masa del CaO disponibles en la cal madre. Las cales usadas en los ejemplos son cales muy impuras que solo contienen 72% de CaO disponible, siendo el resto CaO inactivo, CaCO₃ e impurezas.

Dicho procedimiento se conoce también, por ejemplo, del documento WO98/51614 que describe diferentes vías de producción de dicho compuesto mixto con el fin de proporcionar una solución que permita acelerar y por lo tanto

mejorar la captación de grandes cantidades de ácidos, metales y aniones en las aguas residuales, en relación con la captación obtenida usando una suspensión de hidróxido

5 de magnesio convencional para el tratamiento de estas aguas. La solución en cuestión equivale a usar una suspensión de un compuesto magnésico, tal como $Mg(OH)_2$, modificado añadiendo de 5 a 30% de un compuesto cálcico, concretamente entre otros, $Ca(OH)_2$ en relación con la masa de $Mg(OH)_2$.

10 Esta suspensión modificada se puede obtener, como se ha mencionados anteriormente, de diversas formas. En primer lugar, una de las vías descritas equivale a hidratar juntos y bajo presión, en presencia de aditivos obligatorios, una mezcla de fuentes cálcicas y magnésicas, concretamente MgO y CaO . Después de estabilización, tamizado y desaglomerado, se obtiene una suspensión que contiene 55-65% de materia seca, en relación al peso total de la composición.

Después, otra vía descrita consiste en hidratar a presión atmosférica, durante periodos muy prolongados y con aditivos obligatorios, una mezcla de fuentes cálcica y magnésica, tales como MgO y CaO .

15 Finalmente, se describe una última vía, en la que se obtiene un compuesto mixto mezclando una fuente cálcica de CaO con una suspensión magnésica diluida de $Mg(OH)_2$ preparada previamente por una cualquiera de las técnicas conocidas para la producción de suspensiones de $Mg(OH)_2$ y que contiene 50-60% en peso de fracción sólida en relación al peso de la suspensión. Después de añadir la fuente de CaO , la agitación de la suspensión permite la hidratación de esta fuente de CaO y la formación de $Ca(OH)_2$.

Solo el ejemplo 1 de este documento describe la producción de dicha suspensión de $Mg(OH)_2$ modificada por la presencia de $Ca(OH)_2$, los otros ejemplos describen el uso de esta suspensión para el tratamiento del agua.

20 Sin embargo, este documento no describe la obtención de compuestos mixtos secos en estado pulverulento, estando descritos siempre los compuestos obtenidos en forma de una suspensión.

25 Por lo tanto, se ha probado que existe la necesidad de producir de forma sencilla y barata, compuestos mixtos cálcicos y magnésicos esencialmente en forma de hidróxidos secos que se presenten en forma de polvos que tienen una humedad inferior a 30% en peso, como por ejemplo, compuestos que se puedan usar como retardantes de llama y cuya relación de Ca/Mg sea variable y controlada, pudiendo presentar una superficie específica y un volumen de poros controlado, en función de las aplicaciones previstas.

30 La invención tiene por objeto superar los inconvenientes del estado de la técnica proporcionando un procedimiento que permita producir compuestos cálcicos y magnésicos mixtos con relación de Ca/Mg variable y controlada y con una superficie específica y volumen de poros controlable, cuyo consumo energético es reducido y no necesita una infraestructura específica, reduciendo así los costes del compuesto para permitir un amplio uso, incluso en campos de menor valor añadido.

35 Para resolver este problema, está previsto según la invención, un procedimiento tal como el indicado al principio, caracterizado porque dicho medio acuoso es una suspensión de hidróxido de magnesio y porque dichas partículas sólidas son partículas de compuesto mixto de fórmula $xCa(OH)_2 \cdot yMg(OH)_2 \cdot zI$ que comprende una fase cálcica y una fase magnésica íntimamente ligadas y de distribución de volumen homogénea, y en el que x , y y z son fracciones en peso donde $x+y$ está comprendido entre 88 y 100% en peso con respecto al peso total del compuesto mixto, y donde I representa las impurezas.

40 La solución prevista según la presente invención consiste, por lo tanto, en apagar una cal viva en un hidratador clásico por vía no húmeda con una suspensión de $Mg(OH)_2$. Esta solución presenta diferentes ventajas en comparación con procedimientos descritos previamente, para la producción de compuestos mixtos basados en calcio y magnesio totalmente hidratados. Permite de hecho variar de forma controlada la relación de Ca/Mg en la producción de hidratos. En cambio, esta relación de Ca/Mg se mantiene en las dolomías hidratadas, puesto que está fijada por la composición de la dolomía original.

45 Además, con el procedimiento según la invención, el magnesio ya está en forma de hidróxido. Por consiguiente, el apagado concierne exclusivamente al óxido de calcio, mucho más reactivo en presencia de agua al contrario que el MgO cuya hidratación es difícil.

Tras el apagado del CaO para formar $Ca(OH)_2$, se incorporan partículas de $Mg(OH)_2$ en el hidróxido de calcio formado, sin que haya ninguna sustitución a nivel de la red cristalina.

50 El procedimiento según la invención permite también una flexibilidad en cuanto a la superficie específica y al volumen de poros del hidróxido doble, no siendo los de la dolomía totalmente hidratada en general más que del orden de 15-25 m^2/g y del orden de 0,05-0,15 cm^3/g , respectivamente.

En lo sucesivo, se entiende, por una parte, por "superficie específica" o "superficie específica BET", la superficie específica medida por manometría de adsorción de nitrógeno y calculada por el método BET, y por otra parte, por "volumen de poros" o "volumen de poros BJH", el volumen de los poros de un tamaño de 17 a 1000 Å, medido por

manometría de adsorción de nitrógeno y calculado por el método BJH. En cuanto a los tamaños de las partículas, se determinan por granulometría láser.

5 Ventajosamente, el procedimiento según la presente invención comprende previamente a dicho apagado de cal viva, una preparación de dicho hidróxido de magnesio, poniendo en suspensión en agua una cantidad predeterminada de hidróxido de magnesio sólido, comprendida entre 1 y 55% en peso con respecto al peso de dicha suspensión de hidróxido de magnesio.

En una variante, el aporte de lechada de hidróxido de magnesio para la reacción de apagado de la cal viva se lleva a cabo a partir de una lechada de hidróxido de magnesio comercial diluida o no.

10 La lechada o suspensión de $Mg(OH)_2$ es una suspensión acuosa de partículas sólidas de $Mg(OH)_2$. Su contenido en materia seca es muy variable y está comprendido entre 1 y 55% en peso, preferiblemente entre 5 y 53% en peso, preferiblemente entre 10 y 40% en peso y de forma particularmente ventajosa, entre 20 y 30% en peso.

El $Mg(OH)_2$ es un producto industrial corriente, vendido en forma de lechada o en forma de polvo, que procede de una separación y secado de dicha lechada.

15 La fracción sólida de la lechada de hidróxido de magnesio usada en el procedimiento según la invención contiene como mínimo 88% en peso de $Mg(OH)_2$, en particular al menos 90%, preferiblemente al menos 92% en peso y ventajosamente al menos 95% en peso de $Mg(OH)_2$, encontrándose el resto en forma de impurezas (CaO , Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 ,...) y de MgO cuyo contenido es inferior a 2%, ventajosamente inferior a 1% y preferiblemente inferior a 0,5% de MgO .

20 La superficie específica de la fracción sólida de la lechada de hidróxido de magnesio está comprendida entre 5 y 15 m^2/g , preferiblemente entre 5 y 10 m^2/g , ventajosamente entre 6 y 8 m^2/g . Su volumen de poros está comprendido entre 0,02 y 0,05 cm^3/g , preferiblemente entre 0,02 y 0,04 cm^3/g y ventajosamente entre 0,02 y 0,03 cm^3/g . Esta fracción sólida presenta un d_{90} comprendido entre 5 y 20 μm , preferiblemente $< 15 \mu m$, ventajosamente $< 10 \mu m$ y un d_{50} comprendido entre 2 y 10 μm , preferiblemente $< 8 \mu m$, ventajosamente $< 5 \mu m$.

25 La notación d_x representa un diámetro, expresado en μm , con respecto al cual X% de las partículas medidas son más pequeñas.

En una realización particular, dicho apagado de cal viva se lleva a cabo por vía seca.

En otra realización particular de la invención, dicho apagado de cal viva se lleva a cabo por vía semi-seca y le sigue una etapa de secado y desaglomerado.

30 El procedimiento según la presente invención comprende ventajosamente además, una etapa de corte granulométrico.

En una realización particularmente ventajosa del procedimiento según la invención, dicha cantidad de hidróxido de magnesio está comprendida entre 5 y 53% en peso, preferiblemente entre 10 y 40 % en peso, en particular entre 20 y 30% en peso, con respecto al peso total de dicho hidróxido de magnesio.

35 Además, en una realización particularmente ventajosa, dicha cal viva está constituida por partículas cuyo tamaño está comprendido entre 10 μm y 10 mm, preferiblemente que pasan íntegramente a través de un tamiz de 5 mm, y más en particular un tamiz de 2 mm.

En otra realización más, dicho medio acuoso comprende además un aditivo seleccionado del grupo de los aditivos que aumentan la superficie específica de las partículas de $Ca(OH)_2$ de dicho compuesto mixto tales como alcoholes, aminas y análogos.

40 Estos aditivos se seleccionan, por ejemplo, entre el etilenglicol, dietilenglicol, trietilenglicol, monoetanolamina, dietanolamina, trietanolamina y sus mezclas.

45 En una realización particular, dicho medio acuoso comprende un aditivo del tipo ácido graso, en particular un estearato y de forma particularmente ventajosa estearato de calcio. En efecto, en algunas aplicaciones posibles para el compuesto mixto según la presente invención, en concreto aplicaciones como carga en polímeros y en particular como carga retardante de llama en polímeros, dichos aditivos en general se usan como agentes tensioactivos o agentes de acoplamiento. Son necesarios para tratar la carga en la superficie con el fin de mejorar la compatibilidad de la carga y de la matriz polimérica.

50 Estos agentes de acoplamiento en general se añaden a la carga en una etapa independiente del procedimiento de fabricación de piezas poliméricas, por un mezclamiento intensivo entre la carga y el agente de acoplamiento. Según la presente invención, dicho agente de acoplamiento se puede añadir en la suspensión de hidróxido de magnesio, lo que equivale a llevar a cabo un tratamiento de superficie in situ durante la síntesis del compuesto mixto según la invención con el fin de usarlo como carga.

Otras realizaciones del procedimiento que sigue la invención se indican en las reivindicaciones adjuntas.

- 5 La invención también tiene por objeto un compuesto mixto pulverulento que comprende una fase cálcica y una fase magnésica en forma sólida y pulverulenta, caracterizado porque presenta la fórmula general $x\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot y\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot z\text{I}$, en el que dicha fase cálcica y dicha fase magnésica están íntimamente ligadas y tienen distribución de volumen homogénea, y en la que x, y y z son fracciones en peso, donde x+y está comprendido entre 88 y 100% en peso con respecto al peso total de la composición mixta, y donde I representa las impurezas.
- En el compuesto mixto según la invención, el tamaño de las partículas d_{97} es inferior a 250 μm , preferiblemente inferior a 200 μm , ventajosamente inferior a 90 μm y más en particular inferior a 60 μm .
- 10 Ventajosamente, el compuesto mixto según la invención está en forma de un hidrato seco que presenta un contenido de humedad relativo inferior a 4% en peso, preferiblemente inferior a 2% en peso, más preferiblemente inferior a 1% en peso, con respecto al peso total de dicho compuesto mixto.
- En el compuesto mixto según la invención en forma de dicho hidrato seco, el contenido de $\text{Mg}(\text{OH})_2$ está comprendido entre 0,4 y 48% en peso, preferiblemente entre 0,5 y 43% en peso, más en particular entre 0,6 y 40% en peso, con respecto al peso total del compuesto, y el contenido de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ está comprendido entre 40 y 99,6% en peso, preferiblemente entre 45 y 99,5% en peso, más en particular entre 48 y 99,4% en peso, con respecto al peso total del compuesto mixto.
- 15 De esta forma, la proporción de $\text{Mg}(\text{OH})_2$ respecto a la masa de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en el compuesto mixto según la invención, está comprendida entre 0,4 y 120%. Preferiblemente, esta proporción está comprendida entre 5 y 80%, en particular entre 10 y 60% y en un caso particular entre 30 y 50%. A la inversa, la proporción de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ con respecto a la masa de $\text{Mg}(\text{OH})_2$ en el compuesto mixto según la invención, está comprendida entonces entre 80 y 25000%. Preferiblemente, está comprendida entre 125 y 2000%, en particular entre 165 y 1000% y en un caso particular entre 200 y 350%.
- 20 Ventajosamente, el hidrato seco según la invención presenta una superficie específica BET comprendida entre 5 y 20 m^2/g , preferiblemente superior a 10 m^2/g y en particular entre 13 y 17 m^2/g .
- 25 En particular, el hidrato seco según la invención presenta un volumen de poros BJH comprendido entre 0,02 y 0,1 cm^3/g , preferiblemente superior a 0,03 cm^3/g y ventajosamente entre 0,04 y 0,07 cm^3/g .
- En una variante según la presente invención, el compuesto mixto presenta un contenido de humedad entre 15 y 30% en peso, preferiblemente superior a 17%, o ventajosamente superior a 19% en peso con respecto al peso de dicho compuesto mixto, en forma de un hidrato húmedo, y presenta una humedad inferior a 4%, preferiblemente inferior a 2%, incluso inferior a 1%, después de secado.
- 30 Ventajosamente, el compuesto mixto obtenido por vía semi-seca según la invención, presenta, en seco, un contenido de $\text{Mg}(\text{OH})_2$ comprendido entre 0,8 y 58% en peso, preferiblemente entre 0,9 y 53% en peso, con respecto al peso total del compuesto, y presenta un contenido de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ comprendido entre 30 y 99,2% en peso, preferiblemente entre 35 y 99,1% en peso, con respecto al peso total del compuesto mixto.
- 35 De esta forma, la proporción de $\text{Mg}(\text{OH})_2$ con respecto a la masa de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en el compuesto mixto según la invención, está comprendida entre 0,8 y 200%. Preferiblemente, esta proporción está comprendida entre 5 y 80%, en particular entre 10 y 60% y en un caso particular entre 30 y 50%. A la inversa, la proporción de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ con respecto a la masa de $\text{Mg}(\text{OH})_2$ en el compuesto mixto según la invención, está comprendida entonces entre 50 y 12500%. Preferiblemente, está comprendida entre 125 y 2000%, en particular entre 165 y 1000% y en un caso particular entre 200 y 350%.
- 40 Más en particular, el compuesto según la invención obtenido por vía semi-seca presenta una superficie específica BET comprendida entre 20 y 50 m^2/g , preferiblemente superior o igual a 25 m^2/g y superior o igual a 30 m^2/g , en particular superior o igual a 35 m^2/g .
- 45 Preferiblemente, en una realización particularmente ventajosa, el compuesto mixto de la vía semi-seca según la invención, presenta un volumen de poros BJH comprendido entre 0,10 y 0,25 cm^3/g , preferiblemente superior o igual a 0,11 cm^3/g y ventajosamente superior o igual a 0,13 cm^3/g , en particular superior o igual a 0,15 cm^3/g .
- Otras realizaciones del compuesto mixto que siguen la invención se indican en las reivindicaciones adjuntas.
- Otras características, detalles y ventajas de la invención saldrán de la descripción dada a continuación, de modo no limitante y que hacen referencia a los ejemplos adjuntos.
- 50 La figura 1 es una gráfica que presenta las curvas de termogravimetría registradas para los productos de los ejemplos 1 y de 3 a 6 (temperatura de 20 a 950°C con un gradiente de 2°C/min, en aire).
- La figura 2 es una gráfica que presenta las curvas de termogravimetría registradas para los productos de los ejemplos 7 a 9 (temperatura de 20 a 950°C con un gradiente de 5°C/min, en aire).

En las figuras, los elementos idénticos o análogos llevan las mismas referencias.

El procedimiento según la invención se puede describir en diferentes etapas sucesivas resumidas como sigue:

- i) preparación de una lechada de $Mg(OH)_2$, opcionalmente realizada de forma independiente;
- ii) hidratación de una cal viva con la lechada de $Mg(OH)_2$ así preparada
- 5 iii) secado opcional y desaglomerado opcional del producto, en caso de apagado con exceso de agua
- iv) control granulométrico

La etapa ii) de hidratación de la cal viva se lleva a cabo en un hidratador completamente convencional para el apagado de cal viva por vía seca.

10 En el procedimiento según la invención, el hidratador puede ser un hidratador de una sola etapa, es decir, constituido por un único reactor cilíndrico horizontal equipado con un eje central y palas de agitación, pudiendo estar provisto o no este reactor de otro cilindro horizontal que sirve de premezclador, o un hidratador de múltiples etapas compuesto, por ejemplo, de 3 reactores horizontales sucesivos de diámetro creciente, en los que el producto cae a medida que progresa la reacción de hidratación.

15 El hidratador es alimentado con cal viva pulverulenta, que tiene un tamaño de partículas comprendido entre 20 μm y 10 mm, preferiblemente < 5 mm, preferiblemente < 2 mm. Las cales vivas se caracterizan habitualmente por la pureza química y por su reactividad.

20 Por pureza elevada se entiende una tasa pequeña de impurezas, es decir, en general menos de 5%, ventajosamente menos de 4% en peso y preferiblemente menos de 3%, incluso menos de 2% en peso de impurezas clásicas que se encuentran inicialmente en la caliza (MgO , SiO_2 , Al_2O_3 ,...), así como un contenido elevado en cal disponible. La expresión "cal disponible" representan normalmente la fracción de la cal viva que se encuentra realmente en forma de CaO y/o $Ca(OH)_2$ según la norma EN 459-2: 2010 apartado 5.8 o ASTM C25 de 1994. Esto excluye todas las demás formas posibles de calcio como los no cocidos ($CaCO_3$) o los compuestos de tipos silicatos o aluminados de calcio. Las cales vivas usadas en el procedimiento de la invención contienen más de 90% en peso, ventajosamente más de 93%, preferiblemente más de 96% en peso y de forma particularmente ventajosa más de 97% en peso de cal disponible. La proporción de no cocidos en las cales vivas usadas en el procedimiento de la invención normalmente es inferior a 3%, ventajosamente inferior a 2%, preferiblemente inferior a 1% en peso.

25 La reactividad de la cal viva se caracteriza por el ensayo de reactividad descrito en la norma EN 459-2:2010 apartado 6.6 y en particular por el valor de t_{60} . Las cales usadas en el procedimiento según la invención tienen un t_{60} en el intervalo de 0,3 a 8 minutos, preferiblemente comprendido entre 0,5 y 5 minutos.

30 El caudal de cal viva usado en el procedimiento según la invención es similar al caudal de cal viva usado habitualmente para un apagado por vía seca clásica durante la cual la cal se apaga únicamente con agua con el objetivo de producir una cal hidratada y pulverulenta.

35 El caudal de la lechada de $Mg(OH)_2$ usado en el procedimiento según la invención, varía en función del contenido de humedad y de $Mg(OH)_2$ que se dese en el producto final. A la salida del hidratador, la humedad del producto está comprendida entre 1 y 30% en peso. Cuanto más húmedo está el producto que sale del hidratador, más elevados serán su superficie específica y su volumen de poros.

40 La humedad final del producto a la salida del hidratador está fijada en función de la superficie específica y del volumen de poros deseados. La cantidad de agua que se añade a la cal viva para obtener esta humedad se determina entonces teniendo en cuenta la evaporación ligada al carácter exotérmico de la reacción de hidratación de la cal viva. Toda el agua necesaria para la hidratación de la cal viva es aportada por la lechada de $Mg(OH)_2$. A continuación, en función de las proporciones de $Ca(OH)_2$ y $Mg(OH)_2$ respectivas deseadas en el producto vinal, se calcula la cantidad de $Mg(OH)_2$ que se va a añadir a la cal viva.

45 Para una duración dada de la hidratación, se puede calcular entonces la cantidad de agua y la cantidad de $Mg(OH)_2$ que se va a añadir a la cantidad de cal viva que se introducirá en el hidratador. Estas cantidades de agua y de $Mg(OH)_2$ se ponen en contacto antes de la hidratación, sea usando una lechada de $Mg(OH)_2$ previamente existente (diluida o no) para tener las masas deseadas de agua y $Mg(OH)_2$, sea dispersando la cantidad deseada de $Mg(OH)_2$ en polvo en la cantidad deseada de agua. La lechada así preparada se homogeniza bien durante su preparación y después se bombea con el fin de ser inyectada en el hidratador, sobre la cal viva, sea por simples orificios, sea por boquillas pulverizadoras adaptadas al diámetro de las partículas de $Mg(OH)_2$ con el fin de evitar la obstrucción.

50 Durante toda la duración de la hidratación, la lechada de $Mg(OH)_2$ se mantiene con agitación con el fin de evitar cualquier sedimentación de partículas de $Mg(OH)_2$. Se llevan a cabo tomas de muestra regulares a la salida del hidratador y se mide la humedad de estas tomas de muestra. Si esta humedad corresponde a la humedad deseada, no es necesario hacer ningún ajuste complementario. Si esta humedad es demasiado baja, se puede aumentar el

caudal de lechada de $Mg(OH)_2$ o disminuir el caudal de cal viva. Si la humedad es demasiado elevada, se puede disminuir el caudal de lechada de $Mg(OH)_2$ o aumentar el de cal viva.

Si el producto que sale del hidratador tiene una humedad inferior a 2%, incluso inferior a 4%, puede pasar directamente a la etapa iv) de control granulométrico.

- 5 En cambio, si su humedad está comprendida entre 4 y 30%, el producto debe secarse. Al mismo tiempo debe desaglomerarse puesto que dicho exceso de humedad conduce a una aglomeración más o menos marcada de las partículas de hidróxidos de calcio ($Ca(OH)_2$). Esta etapa de secado y desaglomerado se hace industrialmente, preferiblemente en un triturador de tipo "cage mill" (molino de jaula). Se pueden usar otros equipamientos, en concreto del tipo "flash dryer" (secador instantáneo). Después de esta etapa, el producto debe contener menos de 2% de humedad, preferiblemente menos de 1% de humedad y sus partículas deben tener un tamaño inferior a 1 mm, preferiblemente a 500 μm y de forma ventajosa inferior a 200 μm , lo que significa que el d_{97} debe ser inferior a los tamaños mencionados antes.

- 15 En la mayor parte de los casos, las cales hidratadas o las dolomías semi o totalmente hidratadas convencionales, pasan por un control granulométrico antes de usarlas en las diversas aplicaciones. Este control granulométrico permite eliminar las partículas más gruesas (en concreto los no cocidos), con el fin de obtener un hidrato reactivo en vista de la aplicación prevista. En el caso del procedimiento según la invención, se desea una etapa de control granulométrico similar. Esta etapa se lleva a cabo industrialmente en separadores de aire; se puede llevar a cabo por cribado. El corte se hace en general con el objetivo de tener un producto $< 250 \mu m$, preferiblemente $< 200 \mu m$, preferiblemente $< 90 \mu m$, incluso a veces $< 60 \mu m$.

- 20 El producto obtenido con el procedimiento según la invención, es un producto mixto basado en calcio y magnesio, encontrándose estos dos elementos muy mayoritariamente en forma de hidróxido ($Ca(OH)_2$ y $Mg(OH)_2$). El $Mg(OH)_2$ que se encuentra en el producto final procedente del procedimiento según la invención, tiene las mismas características que antes de la hidratación, cuando se pone en forma de lechada. En efecto, el $Mg(OH)_2$ no se altera durante la reacción de hidratación y, por consiguiente, conserva los mismos criterios de pureza química y de porosidad que los descritos anteriormente. En cuanto al $Ca(OH)_2$ que se encuentra en el producto final, es el producto de la reacción de hidratación que tiene lugar entre la cal viva y el agua aportada al hidratador por dicha lechada de $Mg(OH)_2$.

- 30 El producto final se puede describir por una fórmula general del tipo $xCa(OH)_2 \cdot yMg(OH)_2 \cdot zI$, representando $Ca(OH)_2$ mayoritariamente dicha fase cálcica y $Mg(OH)_2$ dicha fase magnésica. Estas dos fases están íntimamente ligadas y tienen distribución de volumen homogénea. x, y y z son fracciones en peso. y está comprendido más en particular entre 0,4 y 58%, preferiblemente entre 3 y 53%, ventajosamente entre 5 y 44% y de forma particularmente ventajosa entre 10 y 30%. Sin embargo, es importante indicar que la suma de x e y está comprendida entre 88 y 100% en peso con respecto al peso total del compuesto mixto y típicamente no es igual a 100%. En efecto, además de las fracciones de $Ca(OH)_2$ y $Mg(OH)_2$ muy mayoritarias, el producto final contiene impurezas aportadas por la lechada de $Mg(OH)_2$ así como impurezas y no cocidos ($CaCO_3$) aportados por la cal viva, representados por I. Además, es posible que la hidratación de la cal viva no sea completa en el procedimiento según la invención, conduciendo así a la presencia de cal viva residual CaO en el producto final. El contenido de CaO residual en el producto final es no obstante el más bajo posible y está comprendido también en I, el cual está comprendido entre 0,1 y 3%, preferiblemente inferior a 2% y ventajosamente inferior a 1% en peso. En cuanto al contenido de MgO, también comprendido en I, en el producto final es inferior a 2%, preferiblemente inferior a 1% y en particular inferior a 0,5% en peso. Preferiblemente, los contenidos de impurezas y de no cocidos son los más pequeños posibles y la suma de x e y es superior a 90%, preferiblemente a 92%, ventajosamente a 95%, en particular a 97% y extremadamente preferiblemente superior a 98%. Hay que indicar que cuando el producto se obtiene por vía semi-seca, hay carbonatación parcial de la fase cálcica durante el secado del compuesto mixto según la presente invención, lo que
- 45 aumenta el valor de la fracción en peso z con respecto a un compuesto mixto obtenido por vía seca.

- En la práctica, la proporción y de $Mg(OH)_2$ en el producto final depende de la humedad del producto a la salida del hidratador. De hecho, se ha dicho anteriormente que toda el agua necesaria para la reacción de hidratación la aporta dicha lechada de $Mg(OH)_2$ que tiene una concentración máxima del orden de 55% en peso. Por consiguiente, para alcanzar una humedad dada a la salida del hidratador, hay que añadir a la cal viva una cantidad de agua dada para la reacción de hidratación y la cantidad de $Mg(OH)_2$ añadida es entonces como máximo igual a 122% de esta cantidad de agua (puesto que la lechada contiene como máximo 55% de $Mg(OH)_2$ y 45% de agua). Las proporciones de y expresadas en el párrafo anterior corresponden a un producto que a la salida del hidratador tiene una humedad comprendida entre 1 y 30% en peso.

- 55 En relación con esta humedad, está comprendida entre 1 y 30% en peso a la salida del hidratador, pero con dos familias de productos preferidos.

La primera familia de productos según la invención tiene una humedad a la salida del hidratador que es inferior a 4% en peso, preferiblemente inferior a 2% en peso y preferiblemente inferior a 1% en peso. Esta familia corresponde a la familia de hidratos secos que no necesitan secado antes de las etapas de controles granulométricos y acondicionamiento. Teniendo en cuenta la observación anterior que señala la dependencia de la proporción de

- Mg(OH)₂ con respecto a la humedad del producto a la salida del hidratador, los productos de esta familia contienen entre 0,4 y 48% de Mg(OH)₂ y por consiguiente entre 40 y 99,6% de Ca(OH)₂. Preferiblemente, la proporción de Mg(OH)₂ en el producto final está comprendida entre 0,5 y 43% en peso, en particular entre 0,6 y 40% en peso. Por consiguiente, la de Ca(OH)₂ está comprendida preferiblemente entre 45 y 99,5% en peso, preferiblemente entre 48 y 99,4% en peso (para una suma de x e y que va de 88 a 100%). Los productos de esta familia tienen una superficie específica y un volumen de poros que son del mismo orden de magnitud que los de las cal hidratadas habituales obtenidas por la vía seca clásica. Después de la etapa de control granulométrico, el conjunto de las partículas de productos de esta familia presenta un tamaño inferior a 250 μm, preferiblemente < 200 μm, ventajosamente < 90 μm, incluso a veces < 60 μm. Esto significa que el d₉₇ es inferior a los tamaños mencionados antes.
- La segunda familia de productos preferidos según la invención, tiene una humedad a la salida del hidratador comprendida entre 15 y 30% en peso, preferiblemente superior a 17%, en particular superior a 19%, preferiblemente inferior a 25%, en particular inferior a 22%. Esta familia corresponde a la familia de productos que necesitan una etapa de secado previamente a las etapas de controles granulométricos y de acondicionamiento. Al final de la etapa de secado, los productos de esta familia tienen idealmente una humedad inferior a 2% en peso, preferiblemente inferior a 1% en peso. El secado se puede llevar a cabo simultáneamente o previamente a una etapa de desaglomerado seguida en general de una etapa de control granulométrico, tal como la descrita en la parte referente al procedimiento anterior, el conjunto de partículas de productos de esta familia presenta entonces, al final del procedimiento según la invención, un tamaño inferior a 250 μm, preferiblemente < 200 μm, ventajosamente < 90 μm, incluso a veces < 60 μm. Esto significa que el d₉₇ es inferior a los tamaños mencionados antes.
- Teniendo en cuenta la observación anterior que señala la dependencia de la proporción de Mg(OH)₂ con respecto a la humedad del producto a la salida del hidratador, los productos de esta familia contienen, una vez secados, entre 0,8 y 58% de Mg(OH)₂ y por consiguiente entre 30 y 99,2% de Ca(OH)₂. Preferiblemente, la proporción de Mg(OH)₂ en el producto final está comprendido entre 0,9 y 53% en peso, preferiblemente entre 1,0 y 51% en peso. Por consiguiente, la de Ca(OH)₂ está comprendida preferiblemente entre 35 y 99,1% en peso, preferiblemente entre 37 y 99,0% en peso (para una suma de x e y que va de 88 a 100%). Los productos de esta familia tienen una superficie específica y un volumen de poros elevados. Su superficie específica es superior a 20 m²/g, preferiblemente superior a 25 m²/g, en particular superior a 30 m²/g e inferior a 50 m²/g, en particular inferior a 45 m²/g, en concreto inferior a 40 m²/g, incluso inferior a 35 m²/g. Su volumen de poros es superior a 0,10 cm³/g, preferiblemente superior a 0,11 cm³/g, ventajosamente superior a 0,13 cm³/g e inferior a 0,25 cm³/g, en particular inferior a 0,20 cm³/g, en concreto inferior a 0,18 cm³/g, incluso inferior a 0,16 cm³/g.

Para estas dos familias de productos, la superficie específica y el volumen de poros dependen de las proporciones x e y de Ca(OH)₂ y de Mg(OH)₂. De hecho, la superficie específica y el volumen de poros del Mg(OH)₂ no se modifican durante la reacción descrita en el procedimiento según la invención y por lo tanto siguen siendo pequeños. Cualquiera que sea la humedad del producto a la salida del hidratador, la superficie específica y el volumen de poros del Ca(OH)₂ formado durante la reacción descrita por el procedimiento según la invención, son más elevados que los del Mg(OH)₂ implicado en el procedimiento. Por consiguiente, cuanto mayor es la proporción de Mg(OH)₂ en el producto, más pequeños son la superficie específica y el volumen de poros del producto final basado en Ca(OH)₂ y Mg(OH)₂. Este efecto de disminución de la superficie específica y el volumen de poros del producto con el aumento de la proporción de Mg(OH)₂ es más marcado en el caso de la segunda familia de productos. En efecto, puesto que la humedad a la salida es elevada, la superficie específica y el volumen de poros del Ca(OH)₂ formado durante la hidratación de la cal viva son elevados y cada tanto por ciento de Mg(OH)₂ de superficie específica y volumen de poros pequeños añadido a un Ca(OH)₂ de este tipo, conduce por la mezcla a una disminución proporcional de la superficie específica y del volumen de poros.

En todos los casos, la adición de Mg(OH)₂ en forma de una suspensión homogénea en el hidratador en el curso de la reacción de hidratación de CaO en Ca(OH)₂, permite obtener una mezcla íntima entre los compuestos Ca(OH)₂ y Mg(OH)₂, mezcla claramente más íntima que en el caso de simples mezclas físicas de Ca(OH)₂ y Mg(OH)₂.

EJEMPLOS

El hidratador de laboratorio usado para la realización de todos los ejemplos presentados a continuación, es un hidratador de una etapa. Se presenta en forma de un cilindro horizontal que mide aproximadamente 80 cm de largo por 25 cm de diámetro. Estas proporciones corresponden a las proporciones de los hidratadores de una etapa industriales y sus dimensiones son de 6 a 7 veces más pequeñas que las dimensiones de los hidratadores industriales. Este cilindro está provisto de una envuelta doble que permite controlar la temperatura por circulación de un fluido caliente o frío. En el interior del hidratador, un eje provisto de palas sirve para homogeneizar el producto durante la hidratación, pero también para empujarlo desde la entrada (en un extremo) hacia la salida (en el otro extremo del cilindro). La cal se introduce en el hidratador mediante un tornillo sin fin, previamente calibrado con el fin de ajustar el caudal de la cal viva. En cuanto a la lechada de Mg(OH)₂ se introduce en el hidratador a nivel de dos orificios que miden cada uno aproximadamente 5 mm de diámetro, situados en la tapa del hidratador, próximos a la llegada de la cal viva. Cuando el producto ha recorrido toda la longitud del hidratador, sale por simple desbordamiento. En general, el nivel de llenado del hidratador es del orden de 50% en volumen, es decir, que el lecho de producto alcanza aproximadamente la altura del eje. Para todos los ejemplos a continuación, el hidratador se precalienta a 70-80°C por circulación de agua a 90°C en la doble envuelta. Este precalentamiento permite simular

un establecimiento de régimen, adquirido industrialmente por el funcionamiento continuo, y evita la condensación del vapor de agua producido por la reacción de hidratación de la cal viva sobre las paredes del hidratador cuando estas están frías. La doble envuelta a continuación se vacía cuando la reacción de hidratación empieza en el hidratador.

5 En el caso de las hidrataciones con exceso de agua (por vía semi-seca, ejemplos 1 a 6), el tiempo de permanencia del producto en el hidratador es del orden de 15 minutos. En el caso de las hidrataciones por vía seca (ejemplos 7 a 9), el tiempo de permanencia es más largo, del orden de aproximadamente 25 minutos.

Ejemplo 1. Producción de un compuesto mixto totalmente hidratado de superficie específica y volumen de poros elevados, que tiene una relación molar de Ca/Mg próxima a 1.

10 Una cal viva nº 1 (cuyas propiedades se dan en la tabla 1) se hidrata en el hidratador de laboratorio descrito antes con una lechada de $Mg(OH)_2$ en las condiciones particulares detalladas a continuación.

El caudal de cal viva es de 300 g/min, lo que corresponde de forma teórica a 396 g de $Ca(OH)_2$ /min, es decir 5,34 mol de $Ca(OH)_2$ /min. Hay que añadir entonces 5,34 mol de $Mg(OH)_2$ /min, es decir 312 g de $Mg(OH)_2$ /min con el fin de obtener un compuesto mixto equimolar.

15 El $Mg(OH)_2$ usado en este ejemplo se indica como fuente de $Mg(OH)_2$ nº 1 (sus propiedades principales se describen en la tabla 2) y se presenta al comienzo en forma de una lechada que contiene 53% de materia sólida. Por lo tanto, hay que añadir 589 g/min de esta lechada al hidratador con el fin de obtener una relación de $Ca(OH)_2/Mg(OH)_2$ de aproximadamente 1. Sin embargo, con el fin de desarrollar la porosidad del hidrato, es necesario un exceso de agua durante la reacción de hidratación. En este caso particular, el exceso de agua debe permitir obtener a la salida del hidratador, un producto que tenga una humedad comprendida entre 16 y 22%. No
20 siendo suficiente el agua introducida en la reacción por los 589 g/min de lechada de $Mg(OH)_2$ para alcanzar ese nivel de humedad, se debe añadir agua complementaria. En la práctica, este agua se añade a la lechada de $Mg(OH)_2$ antes de su introducción en el hidratador.

25 El hidratador permanece en funcionamiento en estas condiciones de trabajo durante 30 minutos, produciendo así más de 25 kg de producto húmedo pulverulento. Durante esta producción se llevan a cabo varias tomas de muestra con el fin de controlar la humedad del producto que se mide por la pérdida de masa durante un secado rápido a 150°C.

30 Al final de la producción, el producto se seca y desaglomera por un paso ultrarrápido en una corriente de aire caliente mediante un "spin flash dryer" (secador instantáneo centrífugo). La temperatura experimentada por el producto es del orden de 130°C. Aquí no hay ninguna etapa de control granulométrico. Una vez seco, el producto se caracteriza por un análisis termogravimétrico (desde temperatura ambiente hasta 950°C, con una subida de temperatura de 2°C/min) que permite determinar las proporciones reales de $Mg(OH)_2$ y de $Ca(OH)_2$ en el producto a partir de las pérdidas de masas observadas entre 300 y 400°C y después entre 400 y 600°C y que corresponden respectivamente a las deshidroxilaciones del $Mg(OH)_2$ y del $Ca(OH)_2$. La curva de termogravimetría registrada para este producto se presenta en la figura 1. Se lleva a cabo también una medición de manometría de adsorción de
35 nitrógeno después de realizar una desgasificación de los productos a 190°C durante varias horas. Esta medición permite determinar la superficie específica del producto por el método BET, y permitiendo el método BJH la evaluación del volumen de poros cuyo tamaño está comprendido entre 17 y 1000 Å.

Todos los resultados relativos a este producto se reúnen en la primera columna de la tabla 3.

40 Ejemplo 2. Producción de un compuesto mixto totalmente hidratado de superficie específica y el volumen de poros elevados, que tiene una relación molar de Ca/Mg próxima a 1.

Este ejemplo es totalmente comparable al ejemplo 1. La única diferencia es que esta vez la lechada de $Mg(OH)_2$ se diluye previamente con una cantidad de agua mayor que la añadida a la lechada de $Mg(OH)_2$ en el ejemplo 1, siendo el objetivo aquí obtener a la salida del hidratador un producto húmedo que contiene de 26 a 28% de humedad y no solo de 16 a 22% como era el caso en el ejemplo 1.

45 El producto así obtenido se seca y caracteriza de forma similar al producto del ejemplo 1 y los resultados de las medidas figuran en la segunda columna de la tabla 3.

50 El exceso de agua usado durante la reacción de hidratación permite como se preveía el desarrollo de una superficie específica y un volumen de poros elevados. El producto que tiene una humedad de 26 a 28% (ejemplo 2) tiene una superficie específica equivalente a la del producto cuya humedad a la salida del hidratador era 16-22% (ejemplo 1); pero el volumen de poros está más desarrollado en el ejemplo 2. Por lo tanto, es necesaria una cantidad mínima de exceso de agua para el desarrollo de la porosidad (humedad \geq 15% a la salida del hidratador), pero la cantidad de agua no necesita un control preciso si solo se busca una superficie específica elevada. Sin embargo, debe permanecer inferior a un límite (humedad \leq 30%) con el fin de evitar la producción de un producto pastoso y que ya no es pulverulento, que se pegaría, en concreto en el hidratador.

Ejemplo 3. Producción de un compuesto mixto totalmente hidratado de superficie específica y volumen de poros elevados, que contiene aproximadamente 5% de $Mg(OH)_2$ con respecto a la masa de $Ca(OH)_2$.

Este ejemplo se inspira en gran medida en el ejemplo 1.

5 El caudal de cal viva sigue siendo 300 g/min como en los ejemplos precedentes, lo que corresponde siempre de forma teórica a 396 g de $Ca(OH)_2$ /min. Hay que añadir entonces aproximadamente 20 g/min de $Mg(OH)_2$, es decir 38 g/min de lechada de $Mg(OH)_2$ al 53% de materia sólida inicial. El agua aportada por esta pequeña cantidad de lechada es muy claramente insuficiente para garantizar la hidratación completa de la cal y aumentar el desarrollo de la porosidad del hidrato. Se añade entonces agua con el fin de obtener a la salida del hidratador un producto que tiene una humedad del orden de 16 a 22%. En la práctica, este agua se añade a la suspensión de $Mg(OH)_2$ antes de su introducción en el hidratador.

10 El producto así obtenido se seca y caracteriza de forma similar al producto del ejemplo 1. La curva del análisis termogravimétrico está dibujada en la figura 1. La primera pérdida de masa (300-400°C) es claramente menor que la observada para la muestra del ejemplo 1, lo que se traduce en una proporción menor de $Mg(OH)_2$. La segunda pérdida de masa (400-600°C) es en cambio más marcada e indica una proporción superior de $Ca(OH)_2$ con respecto al producto del ejemplo 1. Los resultados de las diferentes mediciones se encuentran en la tercera columna de la tabla 3.

Ejemplo 4. Producción de un compuesto mixto totalmente hidratado de superficie específica y volumen de poros elevados, que contiene aproximadamente 10% de $Mg(OH)_2$ con respecto a la masa de $Ca(OH)_2$.

20 Este ejemplo es comparable al ejemplo 3, con la excepción del porcentaje de $Mg(OH)_2$. El caudal de cal viva sigue siendo 300 g/min como en los ejemplos precedentes, lo que corresponde siempre de forma teórica a 396 g de $Ca(OH)_2$ /min. Hay que añadir entonces aproximadamente 40 g/min de $Mg(OH)_2$, es decir aproximadamente 75 g/min de lechada de $Mg(OH)_2$ inicial al 53% de materia sólida. Se añade entonces agua con el fin de obtener a la salida del hidratador una vez más un producto que tiene una humedad del orden de 16 a 22%. En la práctica, este agua se añade a la lechada de $Mg(OH)_2$ antes de su introducción en el hidratador.

25 El producto así obtenido se seca y caracteriza de forma similar al producto del ejemplo 1. La curva del análisis termogravimétrico está dibujada en la figura 1. Esta curva está muy próxima a la curva que corresponde al producto del ejemplo 3. La pérdida de masa ligeramente mayor entre 300 y 400°C para el producto de este ejemplo 4, se traduce, no obstante, en una proporción de $Mg(OH)_2$ más elevada que para el caso del ejemplo 3. Los resultados de las diferentes mediciones se encuentran en la cuarta columna de la tabla 3.

30 Ejemplo 5. Producción de un compuesto mixto totalmente hidratado de superficie específica y volumen de poros elevados, que contiene aproximadamente 30% de $Mg(OH)_2$ con respecto a la masa de $Ca(OH)_2$.

Este ejemplo es comparable a los ejemplos 3 y 4, con la excepción del porcentaje de $Mg(OH)_2$.

35 El caudal de cal viva sigue siendo 300 g/min como en los ejemplos precedentes, lo que corresponde siempre de forma teórica a 396 g de $Ca(OH)_2$ /min. Hay que añadir entonces aproximadamente 119 g/min de $Mg(OH)_2$, es decir aproximadamente 225 g/min de lechada de $Mg(OH)_2$ inicial al 53% de materia sólida. Se añade entonces agua con el fin de obtener a la salida del hidratador una vez más un producto que tiene una humedad del orden de 16 a 22%. En la práctica, este agua se añade a la lechada de $Mg(OH)_2$ antes de su introducción al hidratador.

40 El producto así obtenido se seca y caracteriza de forma similar al producto del ejemplo 1. La curva del análisis termogravimétrico está dibujada en la figura 1. La pérdida de masa entre 300 y 400°C es todavía mayor que en los ejemplos 3 y 4, siendo, en cambio aquella entre 400 y 600°C menor, lo que se traduce a su vez en una proporción mayor de $Mg(OH)_2$ y una proporción menor de $Ca(OH)_2$. Los resultados de las diferentes mediciones se encuentran en la quinta columna de la tabla 3.

Ejemplo 6. Producción de un compuesto mixto totalmente hidratado de superficie específica y volumen de poros elevados, que contiene aproximadamente 30% de $Mg(OH)_2$ con respecto a la masa de $Ca(OH)_2$.

45 Este ejemplo es comparable al ejemplo 5. Sin embargo, la fuente de $Mg(OH)_2$ indicada como fuente nº 1 y usada para los ejemplos 1 a 5, aquí se sustituye por una fuente de $Mg(OH)_2$ nº 2 cuyas principales características se indican en la tabla 2. Esta vez, el $Mg(OH)_2$ no se presenta en forma de una lechada sino en forma de un polvo seco.

50 Como en el ejemplo 5 anterior, para obtener las proporciones de $Ca(OH)_2$ y $Mg(OH)_2$ deseadas, hay que añadir aproximadamente 119 g/min de $Mg(OH)_2$ para un caudal de cal viva de 300 g/min. Una producción de 30 minutos corresponde entonces a 3570 g de $Mg(OH)_2$. Esta cantidad de $Mg(OH)_2$ se mezcla con una cantidad de agua bien determinada y esta suspensión se bombea y se introduce en el hidratador. La cantidad de agua usada para la preparación de esta lechada es tal que la humedad del producto a la salida del hidratador debe estar como antes comprendida entre 16 y 22%.

El producto así obtenido se seca y caracteriza de forma similar al producto del ejemplo 1. La curva del análisis termogravimétrico está dibujada en la figura 1. La curva es totalmente comparable con la curva que corresponde al producto del ejemplo 5, lo que se traduce en composiciones próximas para estos dos productos en términos de proporciones de $Mg(OH)_2$ y de $Ca(OH)_2$. Los resultados de las diferentes mediciones se encuentran en la sexta columna de la tabla 3.

5

Ejemplo 7. Producción de un compuesto mixto totalmente hidratado, que contiene aproximadamente 5% de $Mg(OH)_2$ con respecto a la masa de $Ca(OH)_2$.

Esta vez el producto no tiene ninguna especificidad en términos de superficie específica y volumen de poros con respecto a hidratos secos convencionales, sean puramente cálcicos (cal apagada) o dolomíticos.

10 Para conseguir este objetivo, se usa la cal viva nº 2 (descrita en la tabla 1) en lugar de la cal viva nº 1 usada en los ejemplos precedentes. Su caudal esta vez se ajusta a 200 g/min solamente, lo que corresponde de forma teórica a 264 g de $Ca(OH)_2$ /min. Hay que añadir entonces aproximadamente 13 g/min de $Mg(OH)_2$. La fuente de $Mg(OH)_2$ aquí es de nuevo la fuente nº 1, es decir la lechada que contiene 53% en masa de $Mg(OH)_2$. La introducción en el hidratador de 13 g/min de $Mg(OH)_2$ equivale a introducir 24,5 g de lechada de $Mg(OH)_2$ al 53% de materia sólida inicial. El agua aportada por esta pequeña cantidad de lechada es muy claramente insuficiente para garantizar la hidratación completa de la cal, incluso aunque en este ejemplo no se desee desarrollar la porosidad del hidrato. Se añade entonces agua con el fin de obtener a la salida del hidratador un producto que tiene una humedad del orden de 1 a 4%. En la práctica, este agua se añade a la suspensión de $Mg(OH)_2$ antes de su introducción en el hidratador.

15

20 Al contrario que en los ejemplos precedentes, el producto no se seca ni se desaglomera; se caracteriza de forma similar al producto del ejemplo 1. La curva del análisis termogravimétrico está dibujada en la figura 2. La medición esta vez se ha realizado con una velocidad de calentamiento de 5°C/min en lugar de los 2°C/min usados para caracterizar los productos de los ejemplos anteriores. En consecuencia, la descomposición del $Mg(OH)_2$ esta vez tiene lugar entre 350 y 450°C, la del $Ca(OH)_2$ entre 450 y 650°C. Los resultados de las diferentes mediciones se encuentran en la séptima columna de la tabla 3.

25 Ejemplo 8. Producción de un compuesto mixto totalmente hidratado, que contiene aproximadamente 10% de $Mg(OH)_2$ con respecto a la masa de $Ca(OH)_2$.

Este ejemplo es comparable al ejemplo 7, excepto por el porcentaje de $Mg(OH)_2$.

30 El caudal de cal viva se mantiene en 200 g/min, lo que corresponde siempre de forma teórica a 264 g de $Ca(OH)_2$ /min. Hay que añadir entonces aproximadamente 26 g/min de $Mg(OH)_2$, es decir 49 g de lechada de $Mg(OH)_2$ al 53% de materia sólida inicial. El agua aportada por esta pequeña cantidad de lechada es muy claramente insuficiente para garantizar la hidratación completa de la cal, incluso aunque en este ejemplo no se desee desarrollar la porosidad del hidrato. Se añade entonces agua con el fin de obtener a la salida del hidratador un producto que tiene una humedad del orden de 1 a 4%. En la práctica, este agua se añade a la lechada de $Mg(OH)_2$ antes de su introducción en el hidratador.

35 El producto así obtenido se caracteriza de forma similar al producto del ejemplo 1. La curva del análisis termogravimétrico está dibujada en la figura 2. Como anteriormente para los productos de la figura 1, el aumento de la primera pérdida de masa (350-450°C) y la disminución de la segunda pérdida de masa (450-650°C) en comparación con la curva del ejemplo 7, indican un aumento de la proporción de $Mg(OH)_2$ paralelamente a una disminución de la de $Ca(OH)_2$. Los resultados de las diferentes mediciones se encuentran en la octava columna de la tabla 3.

40

Ejemplo 9. Producción de un compuesto mixto totalmente hidratado, que contiene aproximadamente 30% de $Mg(OH)_2$ con respecto a la masa de $Ca(OH)_2$.

Este ejemplo es comparable a los ejemplos 7 y 8, excepto por el porcentaje de $Mg(OH)_2$.

45 El caudal de cal viva se mantiene en 200 g/min, lo que corresponde siempre de forma teórica a 264 g de $Ca(OH)_2$ /min. Hay que añadir entonces aproximadamente 79 g/min de $Mg(OH)_2$, es decir 149 g de lechada de $Mg(OH)_2$ al 53% de materia sólida inicial. Se añade entonces agua con el fin de obtener a la salida del hidratador un producto que tiene una humedad del orden de 1 a 4%. En la práctica, este agua se añade a la lechada de $Mg(OH)_2$ antes de su introducción en el hidratador.

50 El producto así obtenido se caracteriza de forma similar al producto del ejemplo 1. La curva del análisis termogravimétrico está dibujada en la figura 2. Las observaciones hechas en el ejemplo 8 siguen siendo válidas con un aumento todavía más marcado de la pérdida de masa entre 350 y 450°C y una disminución más importante de la pérdida de masa entre 450-650°C. Los resultados de las diferentes mediciones se encuentran en la última columna de la tabla 3.

50

55 De forma general, la tabla 3 muestra que las proporciones de $Mg(OH)_2$ expresadas con respecto a las proporciones de $Ca(OH)_2$ encontradas de acuerdo con las curvas termogravimétricas de las figuras 1 y 2 son próximas a los

- valores esperados. En el caso de las hidrataciones por vía seca (ejemplos 7 a 9), las proporciones reales son, no obstante, ligeramente inferiores a las proporciones deseadas. Esta desviación se puede explicar por una formación importante de vapor de agua en el caso de las hidrataciones por vía seca, más importante que en el caso de las hidrataciones con exceso de agua de los ejemplos 1 a 6. Algunas partículas finas, principalmente $Mg(OH)_2$ cuya granulometría es muy fina, se encuentran en suspensión en este vapor de agua y se extraen del hidratador por el sistema de extracción del valor, de ahí la "pérdida" de una cantidad pequeña de $Mg(OH)_2$ durante la reacción. Lógicamente, estas "pérdidas" son menos importantes en el caso de las hidrataciones con exceso de agua (ejemplos 1 a 6) durante las cuales la temperatura es más baja y la producción de vapor de agua menor y los valores reales son por esto más próximos en los ejemplos 1 a 6 a los valores deseados, que en los ejemplos 7 a 9.
- Por otra parte, es evidente de acuerdo con los resultados de la tabla 3 que las hidrataciones con exceso de agua (ejemplos 1 a 6) conducen a productos de superficie específica y volumen de poros elevados, mientras que las hidrataciones por vía seca conducen a productos cuya porosidad es claramente menor. La superficie específica de los productos depende de la proporción de $Mg(OH)_2$: cuanto mayor es la proporción de $Mg(OH)_2$ con respecto al $Ca(OH)_2$, la superficie específica del producto es menor. Las diferencias son más marcadas en el caso de hidrataciones con exceso de agua (ejemplos 1 a 6), cuyos productos pueden considerarse como productos compuestos o al menos como mezclas íntimas entre el $Mg(OH)_2$ inicial y una cal hidratada $Ca(OH)_2$ de superficie específica elevada (aproximadamente $40 \text{ m}^2/\text{g}$).

Ejemplo comparativo 1

- Se reproduce el ejemplo 1, pero esta vez se usa la fuente de $Mg(OH)_2$ n° 2 que se presenta en forma de polvo en lugar de la fuente de $Mg(OH)_2$ n° 1 que se presenta en forma de una lechada. En lugar de dispensar la fuente de $Mg(OH)_2$ n° 2 en el agua para preparar una lechada como en el ejemplo 6, la fuente de $Mg(OH)_2$ n° 2 esta vez se mezcla con la cal viva, introduciéndose la mezcla de cal viva/ $Mg(OH)_2$ en el hidratador en lugar de la cal viva, y la hidratación de esta mezcla se hace únicamente con agua.

- Se usa la cal viva n° 1 para este ejemplo, y su caudal se fija en $300 \text{ g}/\text{min}$. Como en el ejemplo 1, el caudal del $Mg(OH)_2$ necesario para la producción de un producto que tenga una relación de Ca/Mg próxima a la molaridad, es entonces $312 \text{ g}/\text{min}$. Para una producción total de 30 minutos, se mezclan entonces 9000 g de cal viva y 9360 g de $Mg(OH)_2$ en polvo en un mezclador de laboratorio y después se introducen en el dosificador que sirve normalmente para alimentar el cal viva el hidratador de laboratorio. Este dosificador está calibrado de forma que se introducen en el hidratador 612 g de mezcla de cal viva + $Mg(OH)_2$ por minuto. La cantidad de agua que hay que añadir en el hidratador con el fin de hidratar totalmente el CaO y producir un producto calco-magnésico de alta superficie específica y alto volumen de poros, se determina de forma que el producto que sale del hidratador tenga una humedad del orden de 15%.

- Al final de la producción, se aplican las mismas etapas de secado, desaglomerado y las mismas caracterizaciones que las descritas en el ejemplo 1. De acuerdo con los resultados de la termogravimetría que permiten determinar las proporciones másicas de $Ca(OH)_2$ y $Mg(OH)_2$ en el producto final, este producto final después de secado presenta una relación molar de Ca/Mg de 1,21 en lugar de la relación de 1 que se deseaba. En el ejemplo 1 anterior, la misma hidratación dirigida a la producción de un producto comparable equimolar introduciendo $Mg(OH)_2$ en el hidratador en forma de una lechada ha conducido, por lo tanto, a un producto muy próximo al esperado cuya relación molar de Ca/Mg es de 1,01.

- Por consiguiente, parece que la introducción en el hidratador de la fuente de $Mg(OH)_2$ en la forma de una lechada es claramente mejor que su introducción en forma de polvo mezclado con la cal viva. Por una parte, la mezcla de polvos es complicada de preparar para garantizar una homogeneidad perfecta. Por otra parte, puesto que el $Mg(OH)_2$ llega ya seco al hidratador en forma de un polvo, es posible que se produzca el fenómeno descrito anteriormente: en efecto, es posible que las partículas finas del $Mg(OH)_2$ en polvo se encuentren en suspensión en el vapor de agua creado por la hidratación de la cal viva y sean extraídas del hidratador por el sistema de extracción del vapor de agua, conduciendo así a la "pérdida" de $Mg(OH)_2$. Cuando el $Mg(OH)_2$ es aportado al hidratador en forma de una lechada, las partículas, que son tan finas como en el polvo de $Mg(OH)_2$, están sin embargo recubiertas de agua y deben secarse antes de encontrarse en suspensión en el vapor de agua, lo que limita las pérdidas de $Mg(OH)_2$ por el sistema de extracción.

- Por supuesto la presente invención no está de ninguna forma limitada a las realizaciones descritas antes y se pueden aportar modificaciones sin salirse del marco de las reivindicaciones adjuntas.

Tabla 1

Cal viva	n°1	n°2
Tamaño de las partículas	< 90 µm	<10 mm
CaO disponible (% en masa)	97,29	96,92
CaCO ₃ (% en masa)	0,57	0,60
MgO (% en masa)	1,12	0,88
Al ₂ O ₃ (% en masa)	0,18	0,22
SiO ₂ (% en masa)	0,25	0,67
Fe ₂ O ₃ (% en masa)	0,18	0,20
MnO (% en masa)	0,04	0,00
SO ₃ (% en masa)	0,04	0,23
t ₆₀ (min) media de tres tomas de muestra	0,7 (± 0,05)	4,2 (± 0,05)

Tabla 2

Fuente de Mg(OH) ₂	n°1	n°2
Estado inicial	suspensión al 53% en masa	polvo
Mg(OH) ₂ (% en masa)	96,0	99,7
CaO (% en masa)	0,62	0,09
Al ₂ O ₃ (% en masa)	0,10	0,06
SiO ₂ (% en masa)	0,11	0,03
Fe ₂ O ₃ (% en masa)	0,37	0,01
MnO (% en masa)	0,07	0,00
SO ₃ (% en masa)	0,01	0,11
Cl (% en masa)	0,43	0,02
d ₁₀ (µm)	0,88	1,21
d ₅₀ (µm)	5,04	3,93
d ₉₀ (µm)	9,59	19,5
Superficie específica (m ² /g)	8,1	5,5 - 5,2
Volumen de poros N ₂	0,034	0,023 -

Tabla 3:

N° ej.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cal viva	n°1	n°1	n°1	n°1	n°1	n°1	n°2	n°2	n°2
Fuente de Mg(OH) ₂	n°1	n°1	n°1	n°1	n°1	n°2	n°1	n°1	n°1
Humedad del producto a la salida del hidratador (%)	16-22	22-28	16-22	16-22	16-22	16-22	1-4	1-4	1-4
Ca/Mg mol deseado	1	1							
Ca/Mg mol real	1,01 ± 0,02	0,97 ± 0,02							
% Mg(OH) ₂ con respecto al Ca(OH) ₂ deseado	(78,7)	(78,7)	5	10	30	30	5	10	30
% Mg(OH) ₂ con respecto al Ca(OH) ₂ real	(77,5)	(80,9)	6,3 ± 0,5	9,7 ± 0,5	31,8 ± 0,5	29,1 ± 0,5	3,6 ± 0,5	8,4 ± 0,5	29,8 ± 0,5
% Mg(OH) ₂ real en el producto final (y)	39,7 ± 0,5	40,6 ± 0,5	5,4 ± 0,5	8,1 ± 0,5	21,9 ± 0,5	20,5 ± 0,5	3,3 ± 0,5	7,4 ± 0,5	21,6 ± 0,5
% Ca(OH) ₂ real en el producto final (x)	51,2 ± 0,5	50,1 ± 0,5	86,1 ± 0,5	83,3 ± 0,5	68,7 ± 0,5	70,5 ± 0,5	90,8 ± 0,5	87,5 ± 0,5	72,6 ± 0,5
Suma Ca(OH) ₂ + Mg(OH) ₂ reales (x + y)	90,9 ± 0,5	90,7 ± 0,5	91,5 ± 0,5	91,4 ± 0,5	90,6 ± 0,5	91,0 ± 0,5	94,1 ± 0,5	94,9 ± 0,5	94,2 ± 0,5
Superficie específica por el método BET (m ² /g)	25,0 ± 0,2	25,1 ± 0,2	41,6 ± 0,2	40,4 ± 0,2	32,0 ± 0,2	31,6 ± 0,2	16,5 ± 0,2	15,8 ± 0,2	15,1 ± 0,2
Volumen de poros 17-1000 Å por el método BJH (cm ³ /g)	0,116 ± 0,020	0,145 ± 0,020	00,162 ± 0,020	0,174 ± 0,020	0,150 ± 0,020	0,137 ± 0,020	0,054 ± 0,020	0,056 ± 0,020	0,055 ± 0,020

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de fabricación de un compuesto mixto cálcico y magnésico que comprende un apagado de cal viva por un medio acuoso, con formación de partículas sólidas,
 5 caracterizado porque dicho medio acuoso es una suspensión de hidróxido de magnesio y porque dicho apagado es un apagado por vía no húmeda que forma dichas partículas sólidas de compuesto mixto de fórmula $x\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot y\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot z\text{l}$ que comprende una fase cálcica y una fase magnésica íntimamente ligadas y distribución de volumen homogéneo, fórmula en la que x, y y z son fracciones en peso con $x + y$ comprendido entre 88 y 100% en peso con respecto al peso total del compuesto mixto, y en el que l representa impurezas.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que previamente a dicho apagado de cal viva, se prepara dicha
 10 suspensión de hidróxido de magnesio poniendo en suspensión en agua una cantidad predeterminada de hidróxido de magnesio comprendida entre 1 y 55% en peso, con respecto al peso de dicha suspensión de hidróxido de magnesio.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que dicho apagado de cal viva se lleva a
 15 cabo por vía seca.
4. Procedimiento según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que dicho apagado de cal viva se lleva a
 cabo por vía semi-seca.
5. Procedimiento según la reivindicación 4, que comprende además una etapa de secado de dichas partículas
 sólidas, opcionalmente seguida de una etapa de desaglomerado.
6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende además una etapa de corte
 20 granulométrico.
7. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que dicha cantidad de hidróxido de
 magnesio está comprendida entre 5 y 53% en peso, preferiblemente entre 10 y 40% en peso, en particular entre 20
 y 30% en peso, con respecto al peso total de la suspensión de hidróxido de magnesio.
8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que dicho medio acuoso comprende
 25 además un aditivo seleccionado del grupo de aditivos que aumentan la superficie específica de las partículas de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ de dicho compuesto mixto tales como alcoholes, aminas y análogos.
9. Compuesto mixto pulverulento que comprende una fase cálcica y una fase magnésica en forma sólida y
 pulverulenta, caracterizado porque presenta la fórmula general $x\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot y\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot z\text{l}$, porque dicha fase cálcica y
 dicha fase magnésica están íntimamente ligadas y tienen distribución de volumen homogéneo, con partículas de
 30 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ incorporadas en el hidróxido de calcio, y porque x, y y z son fracciones en peso donde $x + y$ está
 comprendido entre 88 y 100% en peso con respecto al peso total del compuesto mixto, y donde l representa
 impurezas.
10. Compuesto mixto según la reivindicación 9, en el que el tamaño de partículas d_{97} es inferior a 250 μm ,
 preferiblemente inferior a 200 μm , ventajosamente inferior a 90 μm y más en particular inferior a 60 μm .
- 35 11. Compuesto mixto según una cualquiera de las reivindicaciones 9 o 10, en forma de un hidrato seco que
 presenta un contenido de humedad relativa inferior a 4% en peso, preferiblemente inferior a 2% en peso, más
 preferiblemente inferior a 1% en peso, con respecto al peso total del compuesto mixto.
12. Compuesto mixto según la reivindicación 11, en el que el contenido de $\text{Mg}(\text{OH})_2$ está comprendido entre 0,4 y
 48% en peso, preferiblemente entre 0,5 y 43% en peso, más en particular entre 0,6 y 40% en peso, con respecto al
 40 peso total del compuesto y en el que el contenido de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ está comprendido entre 40 y 99,6% en peso,
 preferiblemente entre 45 y 99,5% en peso, más en particular entre 48 y 99,4% en peso, con respecto al peso total
 del compuesto mixto.
13. Compuesto mixto según una cualquiera de las reivindicaciones 11 o 12, que presenta una superficie específica
 BET comprendida entre 5 y 20 m^2/g , preferiblemente superior a 10 m^2/g y en particular entre 13 y 17 m^2/g .
- 45 14. Compuesto mixto según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, que presenta un volumen de poros
 BJH comprendido entre 0,02 y 0,1 cm^3/g , preferiblemente superior a 0,03 cm^3/g y ventajosamente entre 0,04 y 0,07
 cm^3/g .
15. Compuesto mixto según una cualquiera de las reivindicaciones 9 o 10, que presenta un contenido de humedad
 50 entre 15 y 30% en peso, preferiblemente superior a 17%, o ventajosamente superior a 19% en peso con respecto al
 peso de dicho compuesto mixto, en forma de un hidrato húmedo y que presenta una humedad inferior a 4%,
 después de secado.

16. Compuesto mixto según la reivindicación 15, que presenta un contenido en seco de $\text{Mg}(\text{OH})_2$ comprendido entre 0,8 y 58% en peso, preferiblemente entre 0,9 y 53% en peso, con respecto al peso total del compuesto, y que presenta un contenido de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ comprendido entre 30 y 99,2% en peso, preferiblemente entre 35 y 99,1% en peso, con respecto al peso total del compuesto mixto.
- 5 17. Compuesto mixto según una cualquiera de las reivindicaciones 15 o 16, que presenta una superficie específica BET comprendida entre 20 y 50 m^2/g , preferiblemente superior o igual a 25 m^2/g y ventajosamente superior o igual a 30 m^2/g , en particular superior o igual a 35 m^2/g .
18. Compuesto mixto según una cualquiera de las reivindicaciones 15 a 17, que presenta un volumen de poros BJH comprendido entre 0,10 y 0,25 cm^3/g , preferiblemente superior a 0,11 cm^3/g y ventajosamente superior o igual a 0,13 cm^3/g , en particular superior o igual a 0,15 cm^3/g .
- 10

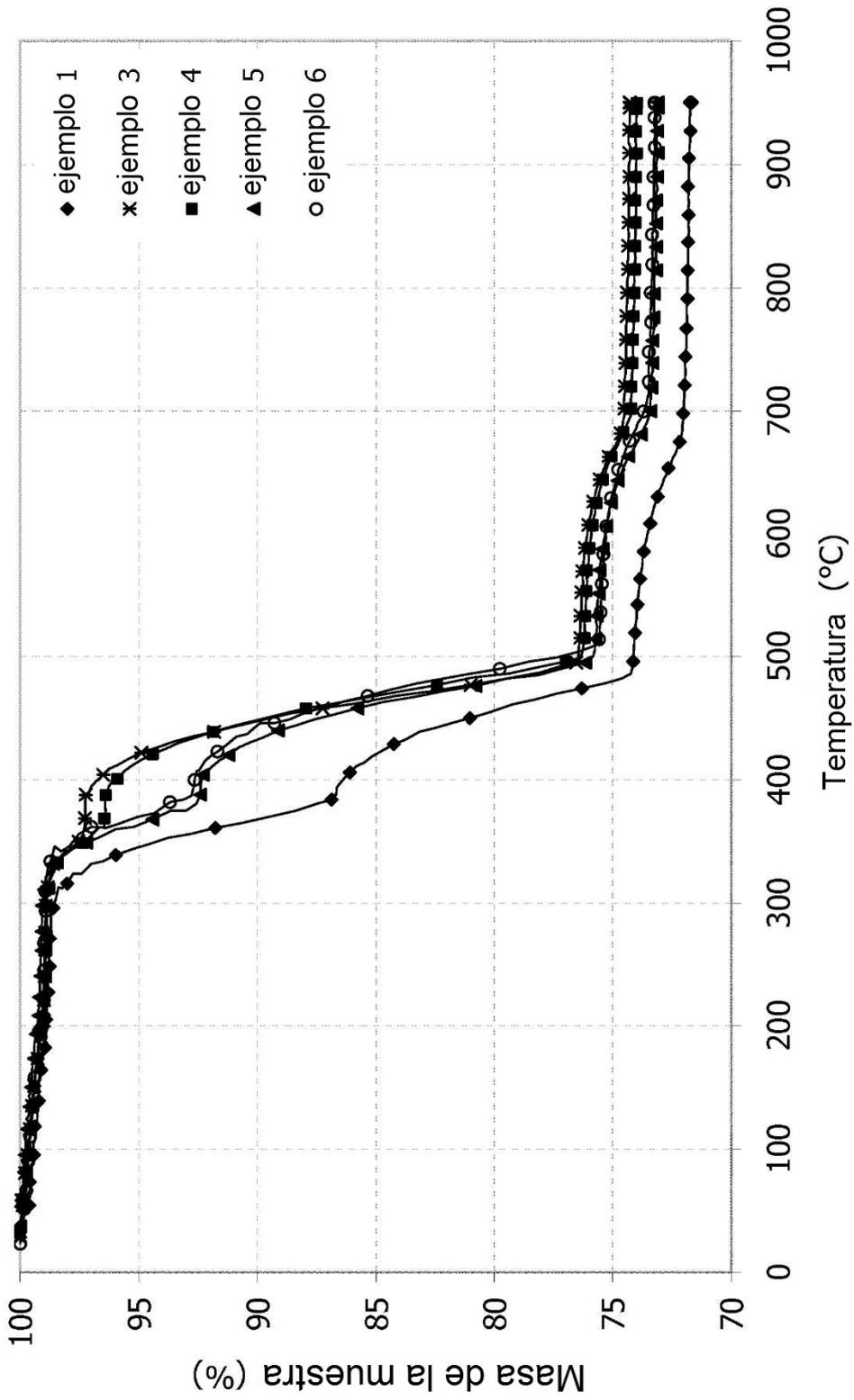


Fig. 1

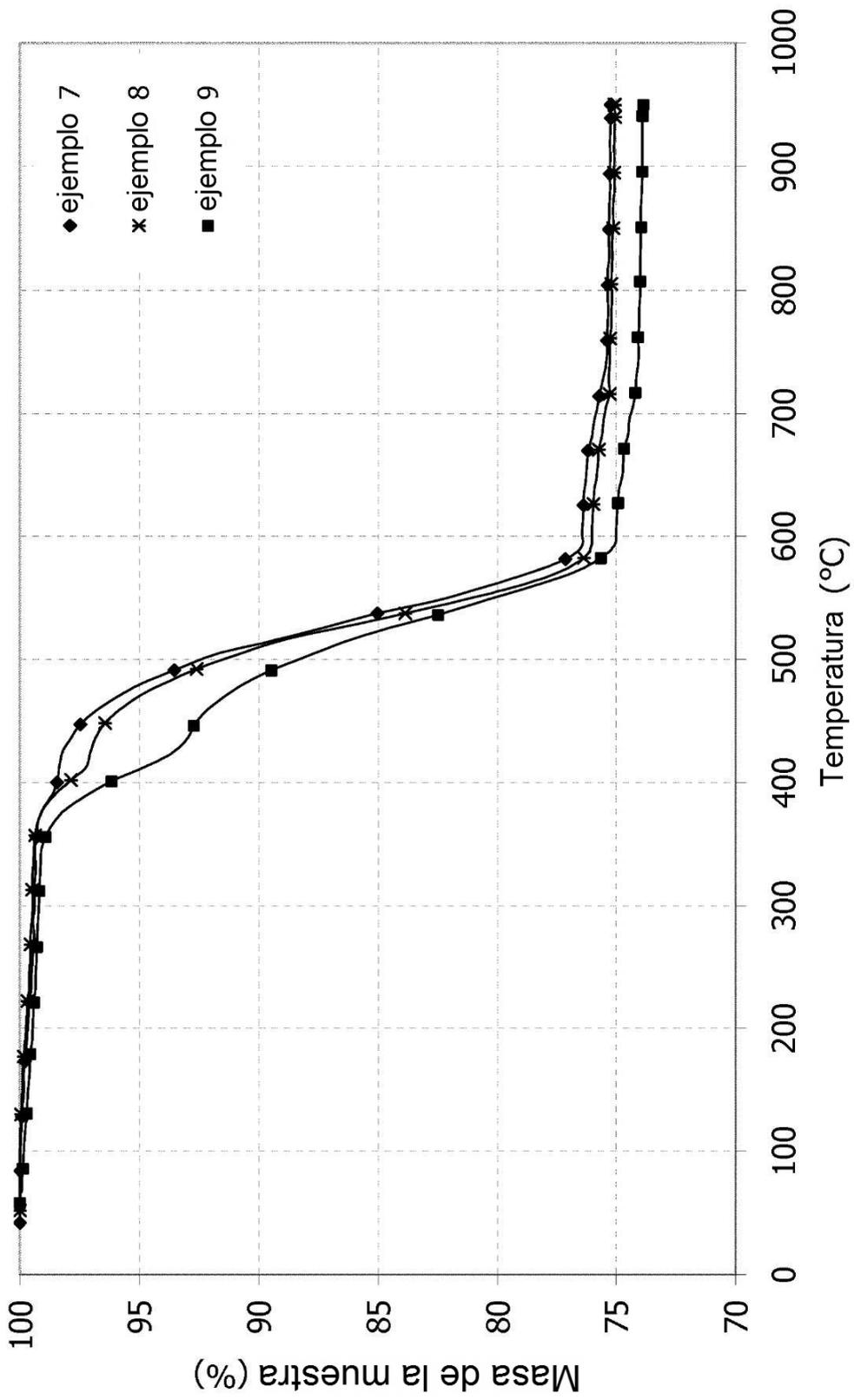


Fig. 2